

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-38104

(43)公開日 平成7年(1995)2月7日

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 29/78				
21/336				
21/28	3 0 1 S	7376-4M		
		7514-4M		
			H 0 1 L 29/ 78	3 0 1 P
審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 7 頁)				

(21)出願番号 特願平5-180968

(22)出願日 平成5年(1993)7月22日

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72)発明者 大黒 達也

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

(72)発明者 國島 巖

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

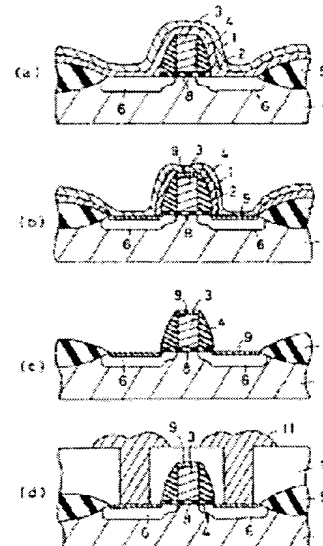
(74)代理人 弁理士 則近 憲佑

(54)【発明の名称】 半導体装置の製造方法

(57)【要約】

【構成】 Si基板7上にゲート電極3及びソース・ドレインとなる拡散層6を形成する工程と、前記Si基板7全面にNi2を堆積する工程と、このNi2上に金属化合物膜1を堆積させる工程と、前記Si基板7をアニールすることによりNiとSiを反応させ、ゲート電極3上及びソース・ドレインとなる拡散層6上にNiシリサイド9を形成する工程と、未反応の前記Ni2とNi上の前記金属化合物膜1を除去する工程とを有する。

【効果】 拡散層上のNiシリサイドに絶縁膜を形成しないように、Niシリサイドを安定に成膜させ、素子の特性向上を達成することができる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 Si 基板上にゲート電極及びソース・ドレインとなる拡散層を形成する工程と、前記 Si 基板全面に Ni、Co あるいは Pt のうち少なくとも 1 つの金属からなる第 1 の膜を形成する工程と、この第 1 の膜上に金属化合物からなる第 2 の膜を堆積させる工程と、前記 Si 基板をアニールすることにより前記第 1 の膜 (Ni、Co あるいは Pt のうちいずれか 1 つの金属) と Si を反応させ、ゲート電極上及びソース・ドレインとなる拡散層上に金属シリサイドを形成する工程と、未反応の前記第 1 の膜とこの第 1 の膜上の前記第 2 の膜を除去する工程とを有することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 2】 前記アニールの温度は 400~700℃であることを特徴とする請求項 1 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 3】 Si 基板上にゲート電極及びソース・ドレインとなる拡散層を形成する工程と、前記 Si 基板全面に Ni、Co あるいは Pt のうちいずれか 1 つの金属からなる第 1 の膜を形成する工程と、前記 Si 基板を 300~400℃の温度でアニールすることにより前記第 1 の膜と Si を反応させ、ゲート電極上及びソース・ドレインとなる拡散層上に金属シリサイドを形成する工程と、未反応の前記第 1 の膜を除去する工程と、この第 1 の膜を除去した Si 基板を 400~500℃の温度でアニールする工程とを有することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 4】 Si 基板上にゲート電極及びソース・ドレインとなる拡散層を形成する工程と、前記 Si 基板全面に Ni、Co あるいは Pt のうちいずれか 1 つの金属からなる第 1 の膜を形成する工程と、この第 1 の膜上に金属化合物膜からなる第 2 の膜を堆積させる工程と、前記 Si 基板を 300~400℃の温度でアニールすることにより前記第 1 の膜と Si を反応させ、ゲート電極上及びソース・ドレインとなる拡散層上に金属シリサイドを形成する工程と、未反応の前記第 1 の膜とこの第 1 の膜上の前記第 2 の膜を除去する工程と、前記第 1 の膜と前記第 2 の膜を除去した Si 基板を 400~500℃の温度でアニールする工程とを有することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 5】 前記第 2 の膜として TiN を用いることを特徴とする請求項 1 または 4 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 6】 前記第 2 の膜は、前記アニールで前記第 1 の膜と反応しないことを特徴とする請求項 1 または 4 記載の半導体装置の製造方法。

【0002】

【従来の技術】 Ni シリサイド膜を LDD 構造の MOS トランジスタのゲート電極および拡散層上に形成する場合の従来例を図面を参照しながら説明する。図 8 は従来技術による LDD 構造の NMOS トランジスタ半導体装置の製造方法である。

【0003】 まず、Si 基板 7 表面に選択酸化を施してフィールド酸化膜 5 を形成し素子領域の分離を行う。次に、Si 基板 7 上全面を熱酸化し、続いてこの熱酸化膜上に多結晶 Si 膜を形成する。次に、ゲート電極となる多結晶 Si 上にマスクを形成し、RIE 法によりゲート電極用多結晶 Si 3 をパターンニングする。次に、ゲート電極 3 をマスクにソース・ドレイン領域に加速電圧 30 keV、ドーズ量  $5 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$  の条件で As をイオン注入し浅い拡散層 6 を形成する。次に、Si 基板 7 上の熱酸化膜からゲート電極用多結晶 Si 3 上に亘って SiN を形成し、RIE 法によりエッチングしゲート電極 3 の側壁にのみ SiN からなるゲート側壁 4 を形成する。次に、ゲート電極 3 及びゲート側壁 4 をマスクにソース・ドレイン領域に加速電圧 40 keV、ドーズ量  $5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$  の条件で As をイオン注入し深い拡散層 6 を形成する。次に、拡散層 6 上の熱酸化膜を希弗酸処理で除去する。次に、Ni 2 を基板全面に堆積する (図 8 (a))。

【0004】 次に、600℃程度の温度でアニールすることで Ni と Si を反応させ拡散層 6 上及びゲート電極 3 上に Ni シリサイド 9 を形成する (図 8 (b))。次に、硫酸と過酸化水素水の混合液で Si と反応しなかったフィールド絶縁膜 5 及びゲート側壁 4 上の Ni 2 を選択的に除去し、前記拡散層 6 上及びゲート電極となる多結晶 Si 3 上にのみ Ni シリサイド 9 を残存させる (図 8 (c))。

【0005】 次に、例えば SiO<sub>2</sub> 膜のような絶縁膜層を設けた後、コンタクトを形成し、配線工程を経て半導体装置を形成する (図 8 (d))。上記のように形成した LDD 構造の NMOS トランジスタにおいては、As がイオン注入された拡散層上でアニールにより Ni シリサイド膜の形成を行う際、Ni が酸と反応して絶縁膜を形成するという問題点があった。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 本発明は上記問題点を鑑みて為されたもので、素子特性の良好な Ni シリサイド膜をゲート電極上及び拡散層上に形成する半導体装置の製造方法を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】 上記目的を達成させるために本発明の第 1 においては、Si 基板上にゲート電極及びソース・ドレインとなる拡散層を形成する工程と、前記 Si 基板全面に Ni、Co あるいは Pt のうち少なくとも 1 つの金属からなる第 1 の膜を形成する工程と、

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、半導体装置の製造方法に係り、特に MOS トランジスタの製造方法に関する。

この第1の膜上に金属化合物からなる第2の膜を堆積させる工程と、前記Si基板をアニールすることにより前記第1の膜(Ni、CoあるいはPtのうちのいずれか1つの金属)とSiを反応させ、ゲート電極上及びソース・ドレインとなる拡散層上に金属シリサイドを形成する工程と、未反応の前記第1の膜とこの第1の膜上の前記第2の膜を除去する工程とを有する半導体装置の製造方法を提供する。

【0008】望ましくは、前記アニールの温度は400〜700℃であるといふ。本発明の第2においては、Si基板上にゲート電極及びソース・ドレインとなる拡散層を形成する工程と、前記Si基板全面にNi、CoあるいはPtのうちのいずれか1つの金属からなる第1の膜を形成する工程と、前記Si基板を300〜400℃の温度でアニールすることにより前記第1の膜とSiを反応させ、ゲート電極上及びソース・ドレインとなる拡散層上に金属シリサイドを形成する工程と、未反応の前記第1の膜を除去する工程と、この第1の膜を除去したSi基板を400〜500℃の温度でアニールする工程とを有する半導体装置の製造方法を提供する。

【0009】本発明の第3においては、Si基板上にゲート電極及びソース・ドレインとなる拡散層を形成する工程と、前記Si基板全面にNi、CoあるいはPtのうちのいずれか1つの金属からなる第1の膜を形成する工程と、この第1の膜上に金属化合物膜からなる第2の膜を堆積させる工程と、前記Si基板を300〜400℃の温度でアニールすることにより前記第1の膜とSiを反応させ、ゲート電極上及びソース・ドレインとなる拡散層上に金属シリサイドを形成する工程と、未反応の前記第1の膜とこの第1の膜上の前記第2の膜を除去する工程と、前記第1の膜と前記第2の膜を除去したSi基板を400〜500℃の温度でアニールする工程とを有する半導体装置の製造方法を提供する。望ましくは、前記第2の膜としてTiNを用いるとよい。また、前記第2の膜は、前記アニールで前記第1の膜と反応しないほうがよい。

【0010】

【作用】NMOSトランジスタにおいて、Asがイオン注入された拡散層上にNi、CoあるいはPtのうちの例えばNiのシリサイド膜の形成を行うと、アニール時にNiが酸素と反応して絶縁膜を形成するという問題点があった。そこで、絶縁膜形成の過程を本発明者等が鋭意研究した結果、次のようなことがわかった。

【0011】第1に、Si基板上にスパッタ法等によりNiを堆積した後、この基板を大気中で長時間放置しておく、AsがドーピングされたSi基板上のNiに粒状の絶縁物が形成される。その状態でアニールによってシリサイド反応させると粒状の絶縁物が形成していた領域のシリサイド上に凹凸形状の絶縁膜が形成される。

【0012】第2に、長時間放置しなくてもアニールの

際にアニールガス中にOを含んだ不純物が存在すると、Asがドーピングされた領域のNiシリサイドが反応し絶縁膜が形成される。

【0013】第3に、シリサイド形成中に酸素と反応しなかったNiシリサイドも、酸素を含む中で350℃以上にすると、酸素と反応して絶縁膜が形成される。第4に、絶縁膜形成はシリサイド形成の温度に大きく依存しており、シリサイド形成を600℃で行うより400℃で行った方が絶縁膜形成の程度は小さい。

【0014】上記4つの場合にいずれも絶縁膜形成に酸素が関与していると考えられるのは形成された絶縁膜のSIMS分析でAs、Niの他に高濃度の酸素が検出されたためである(図3(a))。尚、図において、横軸は拡散層表面からの深さ、縦軸は各成分元素の含有具合を示した信号の強度である。

【0015】以上のように拡散層6上にNiシリサイド9を形成する際Asが拡散層の場合NiとOからなる絶縁膜12が形成されるのみならず、Niシリサイドの形状も凹凸をもち、拡散層上の抵抗を上昇させるばかりでなく、Niシリサイド9の一部は、拡散層6を突き抜けるため接合リークをもたらし(図3(b))。

【0016】このように、NMOSにNiシリサイドを拡散層上及びゲート電極上に形成するためにはAsがイオン注入された領域の成膜を安定させることが重要である。そこで本発明では、Ni上にNiが大気中の酸素と反応するのを防ぐ材料を設けることにより、長時間大気中に放置しあるいはシリサイド反応させるためのアニールの際に残留酸素が存在しても、酸素とNiが反応するのを防ぎ絶縁膜を形成するのを防ぎ、凹凸形状の絶縁膜を形成するのを防止するようにしている。ここでは、Niが大気中の酸素と反応するのを防ぐ材料として、例えばTiNを用いて考えてみる。

【0017】図4において(a)は、Ni上にTiNを形成しない場合、(b)はNi上にTiNを形成する場合のNiシリサイド表面のオージェ分析の結果である。図において、横軸は拡散層表面からの深さ、縦軸は各成分元素の含有量である。図4(b)で示されるように、Ni上にTiNを堆積して形成されたNiシリサイドの表面はNの含有が見られ窒化されていることがわかった。この窒化膜の存在によってNiシリサイドを酸素を含む中で350℃以上にしてもNiシリサイドが酸素と反応することにより、絶縁膜の形成を防止できることが本発明者等が鋭意研究した結果確認できた。

【0018】シリサイドとなる材料の上にTiNを堆積させる構造としては、Ti/TiN構造が一般に知られている。しかし、Tiの場合、Siが拡散種となってシリサイド形成反応を起こすため、ゲート側壁やフィールド酸化膜といった絶縁膜上へシリサイドがはい上がるといった問題があり、その問題を解決するためにTiの上にTiNを堆積させ、シリサイド形成時にTiを窒化さ

せるといったことが行われている。

【0019】今回の発明では、シリサイドとなる材料のNi上にTiNを堆積させているが、Niの場合、Niが拡散種となってシリサイド形成反応を起こすため、Tiでみられるようなはい上がりの問題はなく、はい上がり防止のためにTiNを堆積したのではない。TiNを堆積させる目的は、NMOSTランジスタに存在する、Asがイオン注入されてできたN型の拡散層上に形成されたNiシリサイド上に絶縁膜を形成しないように、Niシリサイドを安定に成膜させ、素子の特性向上を達成することである。

【0020】また、シリサイドの形成温度として低温の場合は、Asがイオン注入されてできたN型の拡散層上のNiシリサイドに絶縁膜が形成されなくなる。その温度は300~400℃であるが、この温度ではNiとSiの組成がNiシリサイドとは異なったものになっており抵抗が高くなってしまいが、本発明のように未反応のNiあるいはNi、TiNを除去した後、450℃程度の温度で再びアニールを行うことで組成をNiシリサイドにし、抵抗を低くすることができる。このようにアニールを2回に分けることでAsがイオン注入されてできたN型の拡散層上のNiシリサイドに絶縁膜が形成されるのを防ぎつつ、低い抵抗をもつ良好なNiシリサイドを成膜させることができる。尚、Niに限らずCoあるいはPtの場合においても同様のことが言える。

【0021】

【実施例】本発明の実施例を図面を参照して説明する。  
実施例1

図1は本発明の一実施例による半導体装置の製造方法である。

【0022】まず、Si基板7表面に選択酸化を施してフィールド酸化膜5を形成し素子領域の分離を行う。次に、Si基板7上全面を熱酸化し、続いてこの熱酸化膜上に多結晶Si膜を形成する。次に、ゲート電極となる多結晶Si上にマスクを形成し、RIE法によりゲート電極用多結晶Si3をパターンニングする。次に、ゲート電極3をマスクにソース・ドレイン領域に加速電圧30keV、ドーズ量 $5 \times 1.013 \text{ cm}^{-2}$ の条件でAsをイオン注入し浅い拡散層6を形成する。次に、Si基板7上の熱酸化膜からゲート電極用多結晶Si3上に亘ってSiNを形成し、RIE法によりエッチングしゲート電極3の側壁にのみSiNからなるゲート側壁4を形成する。次に、ゲート電極3及びゲート側壁4をマスクにソース・ドレイン領域に加速電圧40keV、ドーズ量 $5 \times 1.015 \text{ cm}^{-2}$ の条件でAsをイオン注入し深い拡散層6を形成する。次に、拡散層6上の熱酸化膜を希弗酸処理で除去する。次に、ウェハ全面にスパッタ法でNi2、TiN1を連続で堆積させる(図1(a))。

【0023】その後、400~700℃で窒素あるいはAr雰囲気中でアニールし、NiとSiを反応させ拡散

層6表面及びゲート電極3上にNiシリサイド9を形成する。この際、NiとTiN、SiとTiNは反応しないので、Niがシリサイドを形成する過程で影響を与えることはない。このTiNはNiを堆積してから長時間保存する際、存在する大気中の酸素やアニールの際に存在する残留酸素とNiが反応して凹凸形状の絶縁膜を形成するのを防ぐ(図1(b))。

【0024】次に、硫酸と過酸化水素水の混合液で絶縁膜上に存在する未反応のNi2とTiN1を同時に除去し、ソース・ドレインとなる拡散層6上及びゲート電極3上のみにNiシリサイド9を残存させる(図1(c))。

【0025】次に、例えばSiO2膜のような絶縁膜層を設けた後、コンタクトを形成し、配線工程を経て半導体装置を形成する(図1(d))。

実施例2

本発明の他の実施例による半導体装置の製造方法を図2を用いて説明する。

【0026】まず、Si基板7表面に選択酸化を施してフィールド酸化膜5を形成し素子領域の分離を行う。次に、Si基板7上全面を熱酸化し、続いてこの熱酸化膜上に多結晶Si膜を形成する。次に、ゲート電極となる多結晶Si上にマスクを形成し、RIE法によりゲート電極用多結晶Si3をパターンニングする。次に、ゲート電極3をマスクにソース・ドレイン領域に加速電圧30keV、ドーズ量 $5 \times 1.013 \text{ cm}^{-2}$ の条件でAsをイオン注入し浅い拡散層6を形成する。次に、Si基板7上の熱酸化膜からゲート電極用多結晶Si3上に亘ってSiNを形成し、RIE法によりエッチングしゲート電極3の側壁にのみSiNからなるゲート側壁4を形成する。次に、ゲート電極3及びゲート側壁4をマスクにソース・ドレイン領域に加速電圧40keV、ドーズ量 $5 \times 1.015 \text{ cm}^{-2}$ の条件でAsをイオン注入し深い拡散層6を形成する。次に、拡散層6上の熱酸化膜を希弗酸処理で除去する。次に、ウェハ全面にスパッタ法でNi2を堆積させる(図2(a))。

【0027】その後、300~400℃で窒素あるいはAr雰囲気中でアニールし、NiとSiを反応させNiシリサイド9を形成する(図2(b))。この温度範囲の場合は、Asがイオン注入されてできたN型の拡散層上のNiシリサイドに絶縁膜が形成されなくなる。

【0028】次に、硫酸と過酸化水素水の混合液で絶縁膜上に存在する未反応のNi2を除去した後、450℃程度のアニールを再度行う。その後、ソース・ドレインとなる拡散層6上及びゲート電極となる多結晶シリコン3上のみにNiシリサイド9を残存させる(図2(c))。

【0029】次に、に示すように、例えばSiO2膜のような絶縁膜層を設けた後、コンタクトを形成し、配線工程を経て半導体装置を形成する(図2(d))。アニ

ールが、300～400℃の範囲の温度の場合は、Asがイオン注入されてできたN型の拡散層上のNiシリサイドに絶縁膜が形成されなくなる。しかしながら、この温度ではNiとSiの組成がNiシリサイドとは異なったものになっており抵抗が高くなってしまふ。本発明のように未反応のNiあるいはNi、TiNを除去した後、450℃程度の温度で再びアニールを行うことで組成をNiシリサイドを生成し、抵抗を低くすることができる。このようにアニールを2回に分けることでAsがイオン注入されてできたN型の拡散層上のNiシリサイドに絶縁膜が形成されるのを防ぎつつ、低い抵抗をもつ良好なNiシリサイドを成膜させることができる。

【0030】上記実施例において、450℃程度の追加のアニールは未反応のNiを除去した直後に行わなくても配線工程後のシンターで兼ねることもできる。また、実施例1と2を組み合わせNiの上にTiNを形成し2段階のアニールをした場合でも同様の効果が得られる。

【0031】以上本実施例においては、Niシリサイドをはりつけられた接合特性はNiシリサイドを形成する温度に大きく依存していることが確認されている。図5(a)は、400℃でシリサイド形成させたものであり、(b)は、600℃でシリサイド形成させたものの接合特性を現している。尚、図中横軸は逆バイアス電圧、縦軸は接合リーク値である。これより、明らかに低温で行った方が接合リークを起こす逆バイアス電圧が高いため良い特性を示すことが分かる。これは、温度が高いとシリサイド反応の際に拡散種であるNiの拡散が過剰に起きP/N接合付近まで到達するために接合リークをひきおこすためである。このように低温である方が良い特性であるが、図6を見ると分かる通り低温にすると抵抗率が上昇するといった悪い点もある。尚、図中横軸は温度、縦軸はシート抵抗値である。

【0032】図7はNiシリサイドの組成比を表しているX線結果である。図中横軸は結晶方向を表し、縦軸は強度を表している。図7のX線の結果から、NiとSiの組成比がシリサイド形成温度で異なることによることは明らかである。図7(b)は、300～400℃のアニールを行ったときNiシリサイドの組成比を表している。この時、図中にはピークが現れず、組成はアニールによってNiシリサイドを形成していない。一方、図7(a)は、硫酸と過酸化水素水の混合液で絶縁膜上に存在する未反応のNiとTiNを同時に選択的に除去した後、450℃程度のアニールを再行っている。この時、図中に4つのピークが現れたことによって、Niシリサイドを相転移させた時は、組成がアニールによってNiシリサイドになっていることがわかる。

【0033】なお、本発明は発明の主旨を逸脱しない限り種々、変形してこれを利用できる。例えば、トランジスタはLDD構造に限定されない。また、シリサイドを形成する材料としてはNiに限定されず、Co、Pt等

でもよい。また、前記シリサイドを形成する材料が大気中の酸素と反応するのを防ぐ材料としては、TiNに限定されず、TiC、TiW、TiB、WB<sub>2</sub>、WC、BN、AlN、Mg<sub>3</sub>N<sub>2</sub>、CaN、Ge<sub>3</sub>N<sub>4</sub>、Ta<sub>3</sub>N<sub>5</sub>、NbN<sub>2</sub>、VB<sub>2</sub>、VC、ZrN、ZrB等でもよい。

【0034】

【発明の効果】本発明によれば、大気中の酸素と反応するのを防ぐ材料として、例えばTiNを堆積することにより、拡散層上の金属、例えばNiシリサイドに絶縁膜を形成しないように、Niシリサイドを安定に成膜させ、素子の特性向上を達成することができる。また、アニールを2回に分けることで、N型の拡散層上のNiシリサイドに絶縁膜が形成されるのを防ぎつつ、低い抵抗をもつ良好なNiシリサイドを成膜させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の半導体装置の製造方法の一実施例を示した工程断面図。

【図2】 本発明の半導体装置の製造方法の他の実施例を示した工程断面図。

【図3】 (a)は、本発明の半導体装置の製造方法に係わり、従来技術により形成された絶縁膜形成に関する特性図。(b)は、本発明の半導体装置の製造方法に係わり、従来技術により形成された絶縁膜形成に関する断面図。

【図4】 本発明の半導体装置の製造方法に係わる窒化膜形成に関する特性図。

【図5】 本発明の半導体装置の製造方法に係わるトランジスタの接合特性図。

【図6】 本発明の半導体装置の製造方法に係わるシリサイド形成の温度特性図。

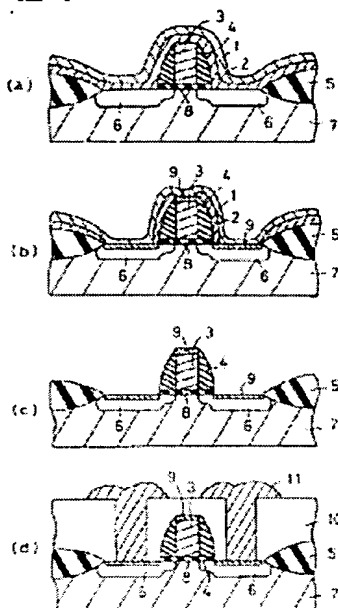
【図7】 本発明の半導体装置の製造方法に係わるシリサイド形成に関する特性図。

【図8】 従来技術による半導体装置の製造方法を示した工程断面図。

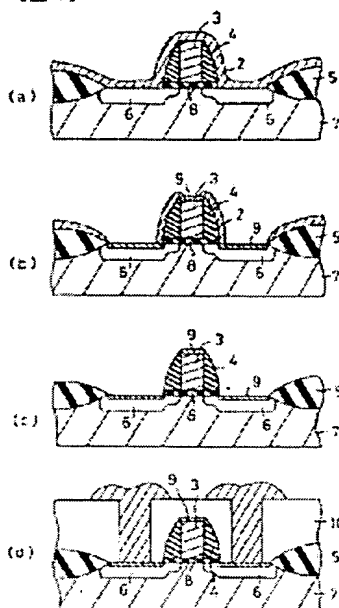
【符号の説明】

- 1・・・TiN
- 2・・・Ni
- 3・・・多結晶Si
- 4・・・ゲート側壁
- 5・・・フィールド酸化膜
- 6・・・ソース・ドレイン
- 7・・・Si基板
- 8・・・ゲート絶縁膜
- 9・・・Niシリサイド
- 10・・・SiO<sub>2</sub>膜
- 11・・・Al配線
- 12・・・Niオキシド

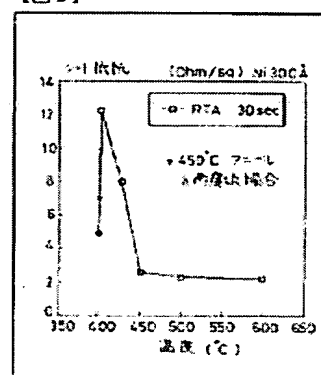
【図1】



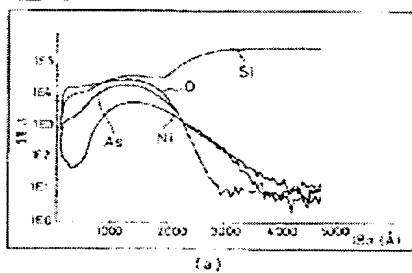
【図2】



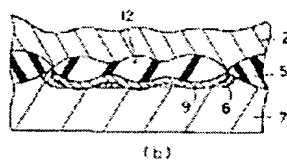
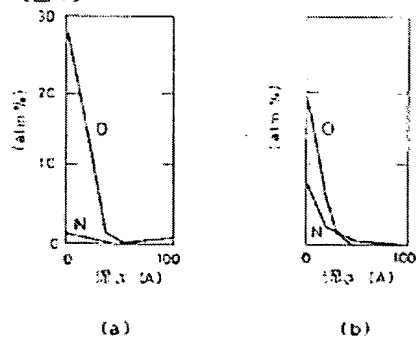
【図5】



【図3】

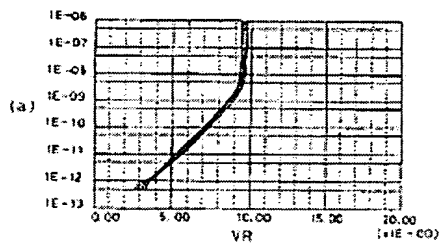


【図4】

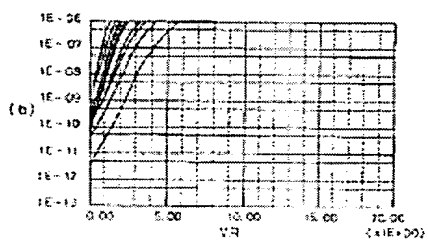


【図5】

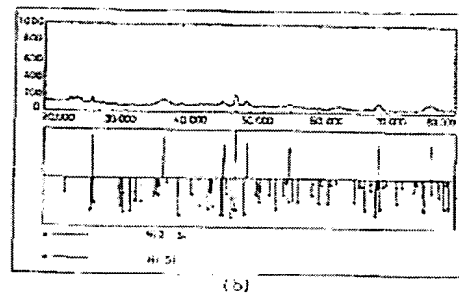
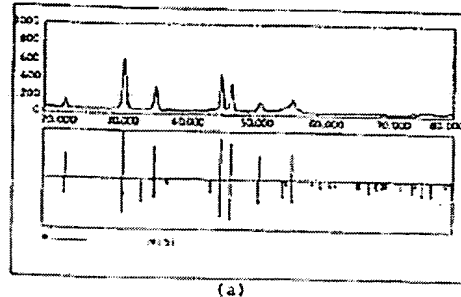
IR



IR



【図7】



【図8】

